



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **06271985 A**(43) Date of publication of application: **27.09.94**

(51) Int. Cl. **C22C 38/00**
C21D 8/02
C22C 38/54

(21) Application number: **05062232**(22) Date of filing: **22.03.93**(71) Applicant: **NIPPON STEEL CORP**

(72) Inventor: **ITO AKIRA**
ISHIKAWA TADASHI
TAKEZAWA HIROSHI
FUNATSU YUJI

(54) **STEEL PLATE EXCELLENT IN FATIGUE
 PROPAGATION RESISTANCE AND ITS
 PRODUCTION**

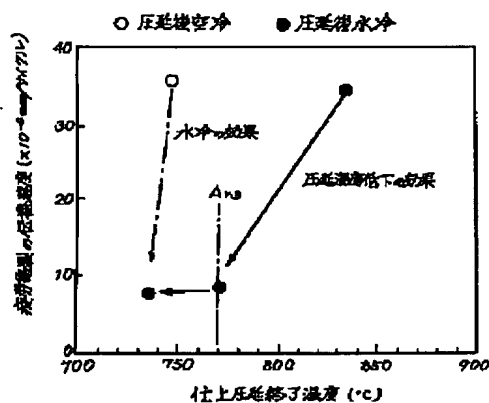
this method, the propagation of fatigue crack can be retarded.

COPYRIGHT: (C)1994,JPO&Japio

(57) Abstract:

PURPOSE: To attain the relaxation of fatigue design conditions, the prolongation of periodic inspection period, the avoidance of structure breakage, etc., by specifying the structure of a steel plate and further allowing island martensite of specific shape to exist at specific volume percentage.

CONSTITUTION: The structure of this steel plate is composed essentially of one or more kinds among ferrite, pearlite, and bainite. Further, island martensite in which the average existence spacing is regulated to $\leq 20\mu\text{m}$ and which has a shape with average flatness ratio or more is allowed to exist at 0.5-5% by volume. Moreover, this steel plate has a composition consisting of, by weight, 0.03-0.20% C, $\leq 0.50\%$ Si, 0.4-1.6% Mn, $\leq 0.10\%$ Al, $\leq 0.006\%$ N, and the balance iron with inevitable impurities. Finish rolling of a slab of this steel is finished at a temp. between ($A_{r3} + 10^\circ\text{C}$) and ($A_{r3} - 5^\circ\text{C}$). Then, water cooling is started at $\leq (A_{r3} - 50^\circ\text{C})$ and stopped at $\leq 600^\circ\text{C}$, followed by air cooling. By



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-271985

(43)公開日 平成6年(1994)9月27日

(51)Int.Cl.⁵

C 2 2 C 38/00

C 2 1 D 8/02

C 2 2 C 38/54

識別記号

3 0 1 Z

庁内整理番号

A 7412-4K

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 9 頁)

(21)出願番号

特願平5-62232

(22)出願日

平成5年(1993)3月22日

(71)出願人 000006655

新日本製鐵株式会社

東京都千代田区大手町2丁目6番3号

(72)発明者 伊藤 昭

大分市大字西ノ洲1番地 新日本製鐵株式
会社大分製鐵所内

(72)発明者 石川 忠

大分市大字西ノ洲1番地 新日本製鐵株式
会社大分製鐵所内

(72)発明者 竹澤 博

大分市大字西ノ洲1番地 新日本製鐵株式
会社大分製鐵所内

(74)代理人 弁理士 茶野木 立夫 (外1名)

最終頁に続く

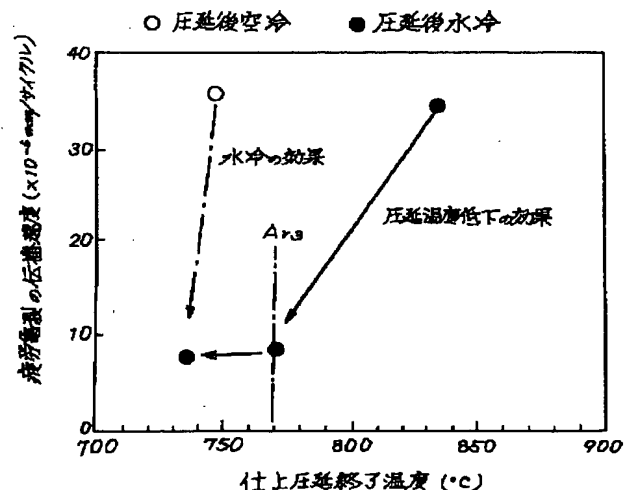
(54)【発明の名称】 耐疲労伝播特性の優れた鋼板およびその製造方法

(57)【要約】

【目的】 本発明は、構造物に発生する変動荷重により生じる疲労亀裂による破壊が発生し得る、船舶、橋梁、海洋構造物等の大型構造物に使用する厚鋼板に適した、耐疲労亀裂伝播特性の優れた鋼板およびその製造方法を提供するものである。

【構成】 特定の形状の島状マルテンサイトを有する鋼板は疲労亀裂の伝播速度が遅く、前記鋼板は、特定の成分を含有する連続鋳造スラブまたは造塊スラブの仕上圧延に際し、 A_{r3} 点+10℃～ A_{r3} 点-50℃で圧延を終了し、 A_{r3} 点-50℃以下の温度から水冷し600℃以下の温度で水冷を停止した後に空冷することにより製造できる。

【効果】 本発明の鋼板を疲労亀裂の発生する可能性のある構造物に使用することによって、疲労亀裂の進展を遅らせることができ、疲労設計条件の緩和、定期点検の期間の延長、構造物の破壊の回避等の効果が期待できる。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 組織がフェライト、パーライト、ベイナイトの1種または2種以上で主に構成され、さらに平均存在間隔 $20\mu\text{m}$ 以下でかつ平均偏平比5以上の形状をした島状マルテンサイトが、体積率で0.5～5%の割合で存在することを特徴とする耐疲労伝播特性の優れた鋼板。

【請求項2】 重量%で

C : 0.03～0.20%

Si : $\leq 0.50\%$

Mn : 0.4～1.6%

P : $\leq 0.020\%$ S : $\leq 0.010\%$ Al : $\leq 0.10\%$ N : $\leq 0.006\%$

残部は鉄または不可避免の不純物からなる鋼を連続铸造または造塊によりスラブとし、直送圧延または再加熱後圧延を行い、仕上圧延において A_{r3} 点 $+10^{\circ}\text{C}$ ～ A_{r3} 点 -50°C の範囲で圧延を終了し、その後 A_{r3} 点 -50°C 以下の温度から鋼板の表裏面同時に水冷を開始し、 600°C 以下の温度で水冷を停止した後空冷することを特徴とする耐疲労伝播特性の優れた鋼板の製造方法。

【請求項3】 重量%で

Cu : $\leq 1.0\%$ 、 Ni : $\leq 1.5\%$ Nb : $\leq 0.1\%$ 、 V : $\leq 0.1\%$ Cr : $\leq 1.0\%$ 、 Ti : 0.005～0.02%

B : 0.0005～0.0020%

のうち1種または2種以上を含有することを特徴とする請求項2記載の耐疲労伝播特性の優れた鋼板の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、構造物に発生する変動荷重により生じる疲労亀裂による破壊が発生し得る、船舶、橋梁、海洋構造物等の大型構造物に使用する厚鋼板に適した、耐疲労亀裂伝播特性の優れた鋼板およびその製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 鋼板に連続的に変動荷重が与えられると、疲労亀裂が発生する場合がある。特に溶接部では、溶接金属と鋼板との不連続部が存在するため応力が集中しやすく、疲労亀裂の発生起点となりやすい。また通常、発生した疲労亀裂は伝播を続け、最悪の場合には構造物自体の破壊に結びつく。構造物が船舶、橋梁、海洋構造物等であれば破壊した場合の社会的影響は大きく、多くの場合は人命の危険を伴うことが予測される。

【0003】 これらの構造物では、溶接部で疲労破壊が発生しにくいように、構造的に応力集中が起こらないような設計を行ったり、溶接金属と鋼板との境界で特に入念に形状のきれいな溶接を行って、応力集中を避けてい

2

るのが現状である。従ってこれらの方法では、設計に大きな制約がつくため効率的な設計ができず、また溶接の仕上げに時間がかかり、非効率的であると同時に高コスト化の原因となっている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 船舶、橋梁、海洋構造物等では、通常、板厚 6mm 以上の厚鋼板が用いられ、溶融溶接により接合され組み立てられる。前記のように、溶接部では応力集中が起こりやすいため疲労亀裂の発生を避けることは非常に難しい。しかし疲労亀裂が発生しても、鋼板の疲労伝播速度が遅ければ、構造物の破壊を引き起こす前に定期点検等で亀裂を発見し、補修することが可能となる。従って、鋼板に耐疲労伝播抑制特性を持たすことができれば、上記の課題を解決することができ

【0005】 鋼板の耐疲労亀裂伝播特性を向上させることに注目した方法として、特開平3-291355号公報に開示された方法がある。特開平3-291355号公報では、板厚方向に単調かつ連続的な強度勾配をつけることを提案している。そこで本発明の課題は、特開平3-291355号公報と異なった方法で、鋼板自体に耐疲労伝播抑制特性を持たすことにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】 本発明者らは、前記課題を解決するために種々の検討を行った。その結果、組織がフェライト、パーライト、ベイナイトの1種または2種以上で主に構成され、さらに平均存在間隔 $20\mu\text{m}$ 以下でかつ平均偏平比5以上の形状をした島状マルテンサイトが、体積率で0.5～5%の割合で存在する鋼板は、疲労の伝播速度が遅いことを知見した。

【0007】 本発明の要旨は前記の鋼板を製造するためには、重量%で、C : 0.03～0.20%、Si : $\leq 0.50\%$ 、Mn : 0.4～1.6%、P : $\leq 0.020\%$ 、S : $\leq 0.010\%$ 、Al : $\leq 0.10\%$ 、N : $\leq 0.006\%$ を含有し、残部は鉄または不可避免の不純物からなる鋼を連続铸造または造塊によりスラブとし、直送圧延または再加熱後圧延を行い、仕上圧延において A_{r3} 点 $+10^{\circ}\text{C}$ ～ A_{r3} 点 -50°C の範囲で圧延を終了し、その後 A_{r3} 点 -50°C 以下の温度から水冷を開始し、 600°C 以下の温度で水冷を停止した後空冷する。

【0008】 さらに本発明は重量%で、C : 0.03～0.20%、Si : $\leq 0.50\%$ 、Mn : 0.5～1.6%、P : $\leq 0.020\%$ 、S : $\leq 0.010\%$ 、Al : $\leq 0.10\%$ 、N : $\leq 0.006\%$ を含有し、かつCu : $\leq 1.0\%$ 、Ni : $\leq 1.5\%$ 、Nb : $\leq 0.1\%$ 、V : $\leq 0.1\%$ 、Cr : $\leq 1.0\%$ 、Ti : 0.005～0.02%、B : 0.0005～0.0020%のうち1種または2種以上を含有し、残部は鉄または不可避免の不純物からなる鋼を連続铸造または造塊によりス

ラブとし、直送圧延または再加熱後圧延を行い、仕上圧延においてA_{r3}点+10℃～A_{r3}点-50℃の範囲で圧延を終了し、その後A_{r3}点-50℃以下の温度から水冷を開始し、600℃以下の温度で水冷を停止した後空冷することを要旨とする。

【0009】ここで以下に、各成分の限定理由を述べる。各成分の限定理由は、一般的な構造用鋼における成分の限定理由と同様である。Cは、強度の増加および島状マルテンサイトの生成に必要であるが、少なすぎると効果がなく、多すぎると溶接性の低下や母材および溶接部の靱性低下を起こすため、下限を0.03%とし上限を0.20%とした。

【0010】Siは、溶鋼の脱酸に有効であるが、多すぎると溶接性の低下や母材および溶接部の靱性低下を起こすため、0.5%を上限とした。MnもCと同様に強度の増加および島状マルテンサイトの生成に必要であるが、少なすぎると効果がなく、多すぎると溶接性の低下や母材および溶接部の靱性低下を起こすため、下限を0.4%、上限を1.6%とした。Pは母材特性の向上のためには低い方が望ましいが、Pを下げることによりコストの増加を引き起こす。そこで経済性の点から上限を0.02%とした。Sは、Pと同様に母材特性の向上のためには低い方が望ましいが、Sを下げることによりコストの増加を引き起こす。そこで経済性の点から上限を0.01%とした。

【0011】Alは、脱酸のために必須であるが、多すぎると介在物が増加し、鋼板の超音波探傷での欠陥として検出されたり、母材の靱性低下を引き起こすため、上限を0.1%とした。Nは、固溶量が多くなると溶接熱影響部の靱性を著しく低下させることから、上限を0.006%とした。Cuは、母材の靱性を損なわずに強度を増加させることができるが、多すぎると溶接部の靱性を低下させるため、1.0%を上限とした。

【0012】Niは、母材の靱性を損なわずに強度を増加させることができるが、多すぎると溶接部の靱性を低下させるため、1.0%を上限とした。

【0013】Nbは、母材の靱性を向上させると同時に強度を増加させることができるが、多すぎると溶接部の靱性を低下させるため、0.1%を上限とした。Vは、母材の靱性を損なわずに強度を増加させることができるが、多すぎると溶接部の靱性を低下させるため、0.1%

表1

| (重量%) | | | | | | | | | | |
|-------|------|------|-------|-------|-------|------|------|-------|--------|--------|
| C | Si | Mn | P | S | Al | Cu | Ni | Ti | B | N |
| 0.06 | 0.25 | 1.41 | 0.007 | 0.002 | 0.044 | 0.19 | 0.15 | 0.006 | 0.0008 | 0.0045 |

【0018】これらの鋼板の疲労亀裂の伝播部の組織を調査した結果、仕上圧延終了温度が低くしかも圧延後に水冷を行った鋼板では、鋼板中に島状マルテンサイトが

*%を上限とする。Crは、母材の靱性を損なわずに強度を増加させることができるが、多すぎると母材および溶接部の靱性を低下させるため、1.0%を上限とした。

【0014】Tiは、鋼中でTiNを生成することにより再加熱圧延時の加熱時や溶接熱影響部でのオーステナイト粒の成長を抑制することにより靱性を向上させることができる。しかし添加量が少なすぎるとその効果がなく、多すぎるとTiCの生成により母材および溶接熱影響部の靱性が著しく低下するため、下限を0.005%

10 %、上限を0.02%とした。Bは、固溶Bとして母材強度の増加、BNやFe₂₃CB₆の析出により溶接熱影響部での組織微細化のために添加する。少なすぎるとその効果がなく、多すぎると溶接性の低下および靱性の低下を招くため、下限を0.0005%、上限を0.0020%とした。

【0015】上記の成分を有するスラブを直送圧延または再加熱圧延するにあたり、仕上圧延においてA_{r3}点+10℃～A_{r3}点-50℃の範囲で圧延を終了し、その後A_{r3}点-50℃以下の温度から鋼板の表裏面同時に水冷を開始し、600℃以下の温度で水冷を停止した後空冷することによって、組織がフェライト、パーライト、ベイナイトの1種または2種以上で主に構成され、さらに平均存在間隔20μm以下でかつ平均偏平比5以上の形状をした島状マルテンサイトが、体積率5%以下の割合で存在する鋼板を製造することができ、疲労亀裂の進展速度を低下できる。しかし島状マルテンサイトは、多量に存在すると、シャルピー試験値等の靱性を著しく低下させるため上限の体積率を5%とし、少なすぎると効果がないことから下限の体積率を0.5%とした。

【0016】

【作用】本発明者らは、下記の成分のスラブから製造した数種類の鋼板の疲労伝播速度を調査し、図3に示すような結果を得、以下のことを見出した。

①仕上温度が低いほど、疲労亀裂の伝播速度が遅いこと。

②圧延後空冷した鋼板と水冷した鋼板では、水冷した鋼板の方が疲労亀裂の伝播速度が遅いこと。

【0017】

【表1】

生成し、しかも島状マルテンサイトの生成部で疲労亀裂の分岐が見られることを発見した。疲労亀裂が分岐すると亀裂先端での応力が低下することが予測され、この応

力低下により疲労亀裂の伝播速度が低下したと思われる。

【0019】ここでの水冷は、鋼板の表面および裏面において同時に行っているため、鋼板の強度（硬さ）は、図4に示すように、特開平3-291355号公報に開示されているような板厚方向に単調かつ連続的な強度勾配を持つものではない。

【0020】そこでさらに組織を詳細に調査した結果、フェライト、パーライトまたはベイナイトを主とする組織中に、島状マルテンサイトが層状に分散し、しかもその平均存在間隔が $20\mu\text{m}$ である場合に、上記の疲労亀裂伝播速度の遅延が起ることを見出した。さらに疲労亀裂が分岐するためには、島状マルテンサイトの形状が、鋼板表面に平行に伸延した形状で、偏平比（長軸の長さ／短軸の長さ）の平均値で5以上である方がよいことを見出した。

【0021】さらに上記の組織を得るための製造条件を検討した結果、成分は通常の構造用鋼と同等で良く、圧延および圧延後の冷却条件として、①圧延終了温度を A_{r3} 点 $+10^{\circ}\text{C}$ ～ A_{r3} 点 -50°C とすることによりオーステナイト粒を偏平させ、②フェライト変態の進行した A_{r3} 点 -50°C 以下の温度から水冷を開始することによりオーステナイト中に成分を濃縮させ、③水冷することにより冷却速度を増加し成分の濃縮したオーステナイトを島状マルテンサイトに変態させ、かつ④ 600°C 以下の温度で水冷を停止した後に空冷することにより変態後の島状マルテンサイトを残存させることが必要であることを見出した。

【0022】

【実施例】表2および表3に、本発明での実施例を示す。本圧延条件を決定するために、 A_{r3} 点を求めることが必要であるが、下式を用いて計算により求めた。

$$A_{r3} = 1108 - 777 \times C - 200 \times Mn - 23 \times Cu - 38 \times Ni$$

【0023】疲労伝播速度は、図1に示す形状の試験片に、図2で示す3点曲げの方法で応力を付加し、一定の応力振幅付加回数ごとに応力振幅を小さくすることでビーチマークを入れ、ビーチマーク間の疲労亀裂の進展長さを応力振幅付加回数で割った値を指標として用いた。この値は、応力振幅1回あたりの疲労亀裂の進展長さを示し、この値が小さいほど、疲労亀裂の伝播が遅いことを示す。試験体の長軸方向が圧延方向と平行になるように採取した。

【0024】鋼材の主たる組織は、鋼材から切り出した小型試験体の板厚方向断面（圧延方向と平行な面）を研磨し、鏡面状態まで仕上げた面にて、5%硝酸－アルコール溶液にて腐食を行い、その面を金属顕微鏡で観察することによって決定した。

【0025】鋼材中の島状マルテンサイトは、鋼材から切り出した小型試験体の板厚方向断面（圧延方向と平行な面）を研磨し、鏡面状態まで仕上げた面にて、1%ピロ亜硫酸ナトリウム－4%ピクリン酸混合溶液での腐食により現出させた。現出させた島状マルテンサイトを写真撮影し、その写真について画像解析装置で解析を行い、体積率（写真からの面積率と等しいとした）、平均存在間隔および平均偏平比を求めた。

【0026】

【表2】

【0027】

表2

(重量%)

| | Na | C | Si | Mn | P | S | Al | Cu | Ni | Cr | Nb | V | Ti | N | B |
|---|------|------|------|-------|-------|-------|-------|------|----|------|-------|-------|-------|--------|--------|
| 1 | 0.18 | 0.15 | 0.82 | 0.016 | 0.005 | 0.016 | 0.016 | — | — | — | — | — | — | 0.0036 | — |
| 2 | 0.06 | 0.25 | 1.41 | 0.007 | 0.002 | 0.044 | 0.19 | 0.15 | — | — | — | — | 0.006 | 0.0045 | 0.0008 |
| 3 | 0.12 | 0.35 | 1.25 | 0.011 | 0.004 | 0.012 | — | — | — | — | 0.006 | — | 0.009 | 0.0042 | — |
| 4 | 0.16 | 0.31 | 1.28 | 0.017 | 0.005 | 0.032 | — | — | — | — | 0.018 | — | — | 0.0035 | — |
| 5 | 0.11 | 0.21 | 1.45 | 0.014 | 0.004 | 0.019 | — | — | — | 0.15 | — | 0.042 | 0.013 | 0.0048 | — |
| 6 | 0.05 | 0.15 | 1.51 | 0.006 | 0.003 | 0.011 | 0.61 | 1.15 | — | — | 0.005 | — | 0.012 | 0.0041 | — |

(5)

【表3】

特開平6-271985

表3-1

| No | 区 分 | 成分No | A r ₃ 点 | | 仕上圧延 終了温度 | 水冷開始 温度 | 水冷終了 温度 | 板厚 (mm) | 強度(MPa) | | 主たる組織 |
|----|-----|------|--------------------|-----|--------------|------------|------------|------------|---------|---------------|-------|
| | | | (℃) | (℃) | | | | | Y P | T S | |
| A | 発明鋼 | 1 | 804 | 760 | 720 | 510 | 30 | 406 | 508 | フェラライト、パーラライト | |
| B | 比較鋼 | 1 | 804 | 820 | 770 | 440 | 30 | 425 | 525 | フェラライト、パーラライト | |
| C | 発明鋼 | 2 | 769 | 775 | 715 | 450 | 16 | 377 | 459 | フェラライト、パーラライト | |
| D | 比較鋼 | 2 | 769 | 840 | 730 | 520 | 16 | 374 | 454 | フェラライト、パーラライト | |
| E | 比較鋼 | 2 | 769 | 745 | 水冷なし | — | 16 | 382 | 451 | フェラライト、パーラライト | |
| F | 発明鋼 | 3 | 765 | 730 | 690 | 480 | 25 | 450 | 562 | フェラライト、パーラライト | |
| G | 比較鋼 | 3 | 765 | 760 | 720 | 460 | 25 | 463 | 574 | フェラライト、パーラライト | |
| H | 発明鋼 | 4 | 728 | 720 | 665 | 520 | 35 | 445 | 551 | フェラライト、パーラライト | |
| I | 比較鋼 | 4 | 728 | 750 | 705 | 495 | 35 | 451 | 560 | フェラライト、パーラライト | |
| J | 発明鋼 | 5 | 733 | 725 | 670 | 500 | 35 | 470 | 603 | フェラライト、ベイナライト | |
| K | 比較鋼 | 5 | 733 | 760 | 720 | 450 | 35 | 476 | 610 | フェラライト、ベイナライト | |
| L | 発明鋼 | 6 | 709 | 700 | 650 | 490 | 75 | 430 | 562 | フェラライト、ベイナライト | |
| M | 比較鋼 | 6 | 709 | 750 | 700 | 500 | 75 | 442 | 573 | フェラライト、ベイナライト | |

【表4】

表3-2

| No | 区 分 | 成分No | 島伏マルテンサイト | | 疲労伝播試験の 付加応力振幅 (Mpa) | 疲労伝播速度 (10^{-6} mm/サイクル) |
|----|-----|------|-----------|----------------------|----------------------------|--------------------------------|
| | | | 体積率 | 平均存在間隔 (μ m) | 平均偏平比 | |
| A | 発明鋼 | 1 | 2.8 | 18 | 300 | 10 |
| B | 比較鋼 | 1 | 2.0 | 16 | 300 | 42 |
| C | 発明鋼 | 2 | 3.5 | 15 | 300 | 8 |
| D | 比較鋼 | 2 | 3.0 | 10 | 300 | 35 |
| E | 比較鋼 | 2 | 0.2 | 32 | 300 | 40 |
| F | 発明鋼 | 3 | 3.4 | 17 | 300 | 9 |
| G | 比較鋼 | 3 | 3.2 | 18 | 300 | 38 |
| H | 発明鋼 | 4 | 3.8 | 19 | 300 | 10 |
| I | 比較鋼 | 4 | 3.1 | 18 | 300 | 36 |
| J | 発明鋼 | 5 | 4.2 | 15 | 300 | 8 |
| K | 比較鋼 | 5 | 3.7 | 14 | 300 | 32 |
| L | 発明鋼 | 6 | 4.6 | 12 | 300 | 7 |
| M | 比較鋼 | 6 | 4.1 | 10 | 300 | 30 |

【0029】No. A, C, F, H, J, Lは本発明鋼であり、本発明の条件から外れた比較鋼のNo. B, D, E, G, I, K, Mに比較し、本発明鋼は疲労の伝播速度が $1/3 \sim 1/4$ に低下しており、本発明の効果が認められる。

【0030】

【発明の効果】本発明の鋼板を疲労亀裂の発生する可能性のある構造物に使用することによって、疲労亀裂の進展を遅らせることができ、疲労設計条件の緩和、定期点

検の期間の延長、構造物の破壊の回避等の効果が期待でき、本発明の社会的意義は非常に大きい。

【図面の簡単な説明】

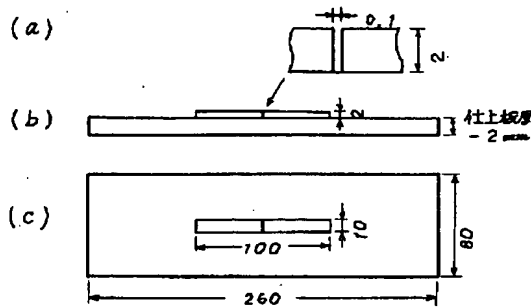
【図1】(a), (b), (c)は疲労伝播特性調査に用いた試験片の形状の説明図を示す。

【図2】疲労伝播特性調査に用いた試験片への応力付加方法の説明図を示す。

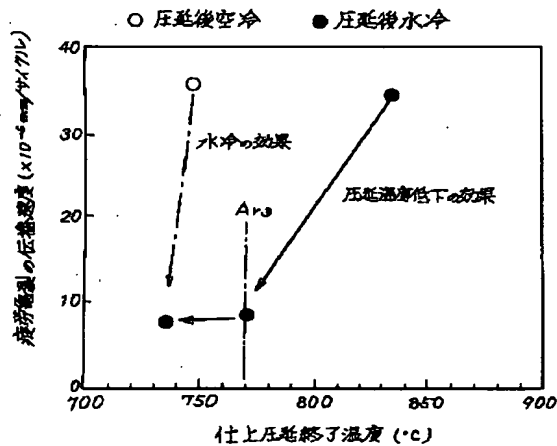
【図3】圧延終了温度、圧延後の水冷有無と疲労亀裂伝播速度の関係の図表を示す。

【図4】本発明鋼の板厚方向の硬さ分布の図表を示す。

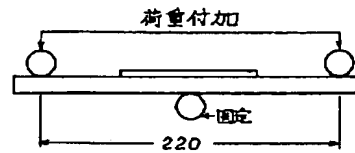
【図1】



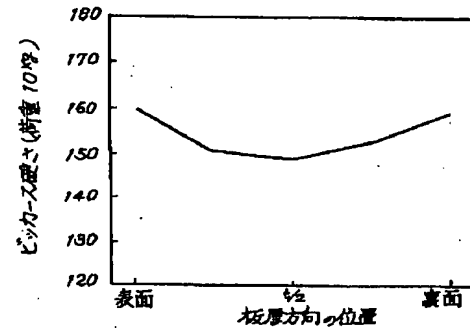
【図3】



【図2】



【図4】



【手続補正書】

【提出日】平成5年6月21日

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項1

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項1】 組織がフェライト、パーライト、ベイナイトの1種または2種以上で主に構成され、さらに平均存在間隔 $20\mu\text{m}$ 以下でかつ平均偏平比5以上の形状をした島状マルテンサイトが、面積率で0.5～5%の割合で存在することを特徴とする耐疲労伝播特性の優れた鋼板。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0006

【補正方法】変更

【補正内容】

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明者らは、前記課題を解決するために種々の検討を行った。その結果、組織がフェライト、パーライト、ベイナイトの1種または2種以上で主に構成され、さらに平均存在間隔 $20\mu\text{m}$ 以下でかつ平均偏平比5以上の形状をした島状マルテンサイトが、面積率で0.5～5%の割合で存在する鋼板は、疲労の伝播速度が遅いことを知見した。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0015

【補正方法】変更

【補正内容】

【0015】上記の成分を有するスラブを直送圧延または再加熱圧延するにあたり、仕上圧延において A_{r3} 点 $+10^{\circ}\text{C}$ ～ A_{r3} 点 -50°C の範囲で圧延を終了し、その後 A_{r3} 点 -50°C 以下の温度から鋼板の表裏面同時に水冷を開始し、 600°C 以下の温度で水冷を停止した後空冷することによって、組織がフェライト、パーライ

ト、ベイナイトの 1 種または 2 種以上で主に構成され、さらに平均存在間隔 $20\mu\text{m}$ 以下でかつ平均偏平比 5 以上の形状をした島状マルテンサイトが、面積率 5 % 以下の割合で存在する鋼板を製造することができ、疲労亀裂の進展速度を低下できる。しかし島状マルテンサイトは、多量に存在すると、シャルピー試験値等の靱性を著しく低下させるため上限の面積率を 5 % とし、少なすぎると効果がないことから下限の面積率を 0. 5 % とした。

【手続補正 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 2 5

【補正方法】変更

【補正内容】

【0 0 2 5】鋼材中の島状マルテンサイトは、鋼材から切り出した小型試験体の板厚方向断面（圧延方向と平行な面）を研磨し、鏡面状態まで仕上げた面にて、1 % ピロ亜硫酸ナトリウム－4 % ピクリン酸混合溶液での腐食により現出させた。現出させた島状マルテンサイトを写真撮影し、その写真について画像解析装置で解析を行い、面積率、平均存在間隔および平均偏平比を求めた。

フロントページの続き

(72)発明者 船津 裕二

大分市大字西ノ洲 1 番地 新日本製鐵株式会社大分製鐵所内